

PAT-NO: JP411142162A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11142162 A  
TITLE: VIBRATIONAL GYRO  
PUBN-DATE: May 28, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
OKAGUCHI, KENJIRO	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MURATA MFG CO LTD	N/A

APPL-NO: JP09322498

APPL-DATE: November 6, 1997

INT-CL (IPC): G01C019/56, G01P009/04

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a vibrational gyro having stable sensitivity-temp. characteristics and good temp. drift characteristics.

SOLUTION: The vibrational gyro comprises a vibrator 12 having piezoelectric elements 16a, 16b connected to the inputs 20a, 20b of a summing amplifier 20 forming a part of feedback loop. This amplifier 20 uses an operational amplifier with a positive-temp. coefficient thermistor connected between the output and inverted input of the amplifier as a corrector element for correcting the sensitivity-temp. characteristics. The summing amplifier circuit 20 is connected at the output 20c to one input of a phase shifter circuit 22 forming another part of the feedback loop and also to other input of the phase shifter circuit 22 through an AGC circuit 24. The output

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-142162

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月28日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 1 C 19/56

G 0 1 C 19/56

G 0 1 P 9/04

G 0 1 P 9/04

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-322498

(22) 出願日 平成9年(1997)11月6日

(71) 出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 岡口 健二郎

京都府長岡京市天神2丁目26番10号 株式

会社村田製作所内

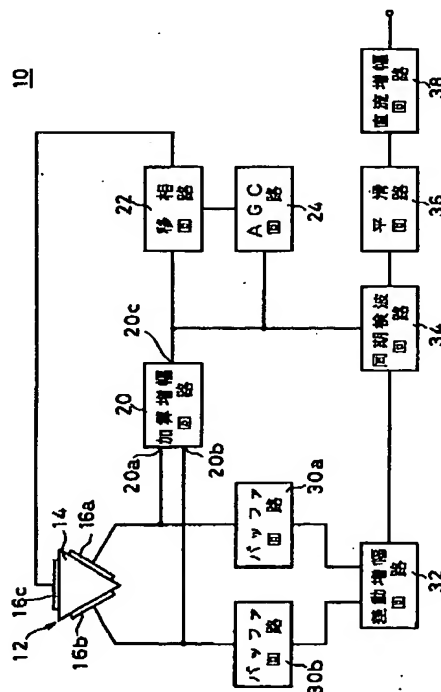
(74) 代理人 弁理士 岡田 全啓

(54) 【発明の名称】 振動ジャイロ

(57) 【要約】

【課題】 安定した感度温度特性および良好な温度ドリフト特性を有する振動ジャイロを提供する。

【解決手段】 振動ジャイロ10は振動子12を含む。振動子12の圧電素子16a、16bは、帰還ループの一部となる加算増幅回路20の入力端20a、20bに接続される。加算増幅回路20は、オペアンプを用いた加算増幅回路であり、そのオペアンプの出力端と反転入力端との間には、感度温度特性を補正するための補正素子として正特性サーミスタが接続される。加算増幅回路20の出力端20cは、帰還ループの他の部分となる移相回路22の一方の入力端に接続されるとともに、A G C回路24を介して移相回路22の他方の入力端に接続される。移相回路22の出力端は、振動子12の圧電素子16cに接続される。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 柱状の振動子、

前記振動子に接続され、前記振動子を振動するための帰還ループ、および前記帰還ループに接続され、前記振動子の振動を安定にするためのAGC回路を含み、前記振動子側のインピーダンスを変化させることなく、前記帰還ループに感度温度特性を補正するための補正素子が設けられた、振動ジャイロ。

【請求項2】 前記補正素子は、正特性サーミスタを含む、請求項1に記載の振動ジャイロ。

【請求項3】 前記補正素子は、正特性サーミスタおよび抵抗を含む、請求項1に記載の振動ジャイロ。

【請求項4】 前記補正素子は、負特性サーミスタおよび抵抗を含む、請求項1に記載の振動ジャイロ。

【請求項5】 前記補正素子は、複数の負特性サーミスタおよび複数の抵抗を含む、請求項1に記載の振動ジャイロ。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は振動ジャイロに関し、特にたとえば、回転角速度を検知することによって移動体の位置を検出し適切な誘導を行うナビゲーションシステム、または手ぶれなどの外的振動による回転角速度を検知し適切な制振を行う手ぶれ防止装置などの除振システムなどに応用できる振動ジャイロに関する。

【0002】

【従来の技術】従来の振動ジャイロの一例が、たとえば特開平7-239232号に開示されている。図15はこのような従来の振動ジャイロの一例を示す図解図である。図15に示す振動ジャイロ1は円柱状の振動子2を含み、振動子2は2つの検出端子3aおよび3bと1つの駆動端子4と有する。振動子2の2つの検出端子3aおよび3bは、感度温度特性を補正するための温度補償回路5を介して、加算増幅回路6の2つの入力端にそれぞれ接続される。加算増幅回路6の出力端は、移相回路7の入力端に接続される。移相回路7の出力端は、振動子2の駆動端子4に接続される。さらに、振動子2の2つの検出端子3aおよび3bは、温度補償回路5を介して、差動増幅回路8の2つの入力端にそれぞれ接続される。差動増幅回路8の出力端は、同期検波回路9の一方の入力端に接続される。同期検波回路9の他方の入力端には、加算増幅回路6の出力端が接続される。

【0003】図15に示す振動ジャイロ1では、移相回路7から出力される駆動信号が振動子2の駆動端子4に与えられると、振動子2が屈曲振動する。この状態で、振動ジャイロ1が振動子2の中心軸を中心に回転すれば、コリオリ力によって振動子2の屈曲振動の方向が変わり、2つの検出端子3a、3b間に、回転角速度に応じた検出信号が得られる。この検出信号は、温度補償回路5を介して、差動増幅回路8で検出される。差動増幅

2

回路8の出力信号すなわち検出信号は、同期検波回路9によって、加算増幅回路6から出力される同期信号に同期して検波される。したがって、この振動ジャイロ1では、同期検波回路9の出力信号から回転角速度を検出することができる。なお、振動子2の駆動端子4に与えられる駆動信号は、加算増幅回路6から出力される信号の位相を移相回路7で調整した信号である。また、加算増幅回路6から出力される同期信号は、振動子2の2つの検出端子3aおよび3bから出力される信号を、温度補償回路5を介して、加算増幅回路6で加算し増幅した信号である。

【0004】図15に示す振動ジャイロ1では、温度補償回路5として負特性サーミスタ5aおよび5bと抵抗5c、5d、5eおよび5fとを組み合わせ、それぞれ適当な値を振動子2の負荷として使用することによって、振動子2の機械的尖鋭度Qが各温度で変化することにより発生する感度の変動を補正し、感度を各温度で一定に保つ効果がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところが、図15に示す振動ジャイロ1では、振動子2の2つの検出端子3aおよび3bに温度補償回路5が接続されているので、温度変化によって、振動子2の2つの検出端子3aおよび3b側の容量成分およびインピーダンスが変動してしまう。そのため、この振動ジャイロ1では、温度変化によって、振動子2の2つの検出端子3aおよび3bから温度補償回路5を介して加算増幅回路6に出力される信号の位相が変動するとともに、加算増幅回路6から出力される同期信号の位相が変動し、図15に示す従来例の温度ドリフト特性を図16に示すように、温度ドリフト特性が悪化してしまう。なお、図16には、比較例の温度ドリフト特性として温度補償回路を有しない振動ジャイロの温度ドリフト特性も示した。一方、温度補償回路を有しない比較例では、温度ドリフト特性が良好であるが、感度温度特性が安定でない。

【0006】それゆえに、この発明の主たる目的は、安定した感度温度特性および良好な温度ドリフト特性を有する振動ジャイロを提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】この発明にかかる振動ジャイロは、柱状の振動子と、振動子に接続され、振動子を振動するための帰還ループと、帰還ループに接続され、振動子の振動を安定にするためのAGC回路とを含み、振動子側のインピーダンスを変化させることなく、帰還ループに感度温度特性を補正するための補正素子が設けられた、振動ジャイロである。この発明にかかる振動ジャイロにおいて、補正素子としては、たとえば、正特性サーミスタ、正特性サーミスタおよび抵抗、負特性サーミスタおよび抵抗、あるいは、複数の負特性サーミスタおよび複数の抵抗が用いられる。

【0008】この発明にかかる振動ジャイロでは、AGC回路によって、振動子の振動が安定にされる。また、この発明にかかる振動ジャイロでは、感度温度特性を補正するための補正素子が帰還ループに設けられているので、安定した感度温度特性が得られる。さらに、この発明にかかる振動ジャイロでは、振動子側のインピーダンスを変化させることなく、帰還ループに感度温度特性を補正するための補正素子が設けられているので、振動子側のインピーダンスが一定に保たれ、温度ドリフト特性が良好になる。

【0009】この発明の上述の目的、その他の目的、特徴および利点は、図面を参照して行う以下の発明の実施の形態の詳細な説明から一層明らかとなろう。

【0010】

【発明の実施の形態】図1はこの発明にかかる振動ジャイロの一例を示す図解図である。図1に示す振動ジャイロ10は振動子12を含む。

【0011】振動子12は、たとえばエリンパなどの恒弾性金属材料からなる正三角柱状の振動体14を含む。振動体14の3つの側面のほぼ中央には、3つの圧電素子16a、16bおよび16cがそれぞれ形成される。これらの圧電素子16a～16cは、それぞれ、圧電セラミックからなる圧電体層の両面に電極を形成したものであり、一方の面の電極が振動体14の側面に接着され、他方の面の電極が入出力用として用いられる。

【0012】この振動子12では、たとえば、2つの圧電素子16aおよび16bが帰還用かつ検出用の素子として用いられ、他の1つの圧電素子16cが駆動用の素子として用いられる。そのため、2つの圧電素子16aおよび16bは、帰還ループの一部分となる加算増幅回路20の2つの入力端20aおよび20bにそれぞれ接続される。

【0013】加算増幅回路20は、2つの入力端20aおよび20bと1つの出力端20cとを有し、たとえば図2に示すように、2つの入力端20aおよび20bは、2つの抵抗20dおよび20eの一端にそれぞれ接続される。これらの抵抗20dおよび20eの他端は、オペアンプ20fの反転入力端に接続される。オペアンプ20fの非反転入力端には、基準電位としてたとえば電源電圧の2分の1の電位が与えられる。オペアンプ20fの出力端と反転入力端との間には、感度温度特性を補正するための補正素子として正特性サーミスタ20gが接続される。オペアンプ20fの出力端は、出力端20cに接続される。この加算増幅回路20は、振動子12の2つの圧電素子16aおよび16bから出力される信号を加算し増幅するためのものである。また、この加算増幅回路20では、温度上昇にともなって、オペアンプ20fの出力端と反転入力端との間に接続された正特性サーミスタ20gの抵抗値が大きくなるため、その増幅率が大きくなる。

【0014】加算増幅回路20の出力端20cは、図1に示すように、帰還ループの他の部分となる移相回路22の一方の入力端に接続される。移相回路22の出力端は、振動子12の圧電素子16cに接続される。移相回路22は、加算増幅回路20から出力される信号の位相を調整し、振動子12を駆動するための駆動信号を出力するためのものである。

【0015】さらに、加算増幅回路20の出力端20cは、AGC回路24の入力端に接続される。AGC回路24の出力端は、移相回路22の他方の入力端に接続される。AGC回路24は、振動子12の振動を安定にするために、すなわち、加算増幅回路20から出力される信号の振幅を一定にするために、移相回路22の増幅率を制御するためのものである。具体的には、AGC回路24は、加算増幅回路20から出力される信号の振幅が大きくなろうとしたときに移相回路22の増幅率を小さくし、加算増幅回路20から出力される信号の振幅が小さくなろうとしたときに移相回路22の増幅率を大きくする。

【0016】また、振動子12の2つの圧電素子16aおよび16bは、2つのバッファ回路30aおよび30bの入力端にそれぞれ接続される。これらのバッファ回路30aおよび30bは、2つの圧電素子16aおよび16bから出力されるそれぞれの信号に関するインピーダンスを非常に小さいインピーダンスに変化するためのものである。

【0017】2つのバッファ回路30aおよび30bの出力端は、差動増幅回路32の2つの入力端にそれぞれ接続される。差動増幅回路32は、2つのバッファ回路30aおよび30bから出力される信号の差を検出するためのものである。

【0018】差動増幅回路32の出力端は、同期検波回路34の一方の入力端に接続される。同期検波回路34の他方の入力端には、加算増幅回路20の出力端20cが接続される。同期検波回路34は、差動増幅回路32から出力される信号を、加算増幅回路20から出力される同期信号に同期して検波するためのものである。

【0019】同期検波回路34の出力端は、平滑回路36の入力端に接続される。平滑回路36は、同期検波回路34から出力される信号を平滑にするためのものである。

【0020】平滑回路36の出力端は、直流増幅回路38の入力端に接続される。直流増幅回路38は、平滑回路36から出力される信号を増幅するためのものである。

【0021】この振動ジャイロ10では、移相回路22から出力される駆動信号が振動子12の圧電素子16cに与えられると、振動子12が圧電素子16cの面に直交する方向に屈曲振動する。この状態で、振動ジャイロ10が振動子12の中心軸を中心に回転すれば、コリオ

リ力によって振動子12の屈曲振動の方向が変わり、2つの圧電素子16a、16b間に、回転角速度に応じた検出信号が得られる。この検出信号は、バッファ回路30aおよび30bを介して、差動増幅回路32で検出される。差動増幅回路32の出力信号すなわち検出信号は、同期検波回路34によって、加算増幅回路20から出力される同期信号に同期して検波される。そして、同期検波回路34の出力信号は、平滑回路36で平滑にされ、平滑回路36の出力信号は、直流増幅回路38で増幅される。したがって、この振動ジャイロ10では、直流増幅回路38の出力信号から回転角速度を検出することができる。なお、振動子12の圧電素子16cに与えられる駆動信号は、加算増幅回路20から出力される信号の位相を移相回路22で調整した信号である。また、加算増幅回路20から出力される同期信号は、振動子12の2つの圧電素子16aおよび16bから出力される信号を、加算増幅回路20で加算し増幅した信号である。

【0022】この振動ジャイロ10では、振動子12の振動を安定にするために、すなわち、加算増幅回路20から出力される信号の振幅を一定にするために、移相回路22の増幅率がAGC回路24で制御される。さらに、この振動ジャイロ10では、感度温度特性を補正するための補正素子としての正特性サーミスタ20gが加算増幅回路20に設けられている。そのため、この振動ジャイロ10では、安定した感度温度特性が得られる。この振動ジャイロ10の感度温度特性を図3に示す。

【0023】なお、図3には、この振動ジャイロ10において正特性サーミスタ20gを抵抗に置き換えた比較例の感度温度特性も示す。比較例では、図3に示す感度温度特性から、温度上昇にともなって感度が大きくなり、感度温度特性が安定していないことがわかる。

【0024】それに対して、この振動ジャイロ10では、温度上昇にともなって、正特性サーミスタ20gの抵抗値が大きくなり、加算増幅回路20の増幅率が大きくなる。そのため、温度上昇にともなって、AGC回路24によって、移相回路22の増幅率が小さくなるように制御され、駆動信号の振幅が小さくなり、振動子12の屈曲振動の振幅が小さくなり、振動子12の2つの圧電素子16aおよび16bから出力される信号の振幅が小さくなる。その結果、差動増幅回路32、同期検波回路34、平滑回路36および直流増幅回路38の出力信号が安定し、感度が安定する。

【0025】なお、振動子12に働くコリオリ力は、次の(1)式で示すように、振動子12の屈曲振動の振幅に比例することが知られている。

$$F = 2mv = 2mA/f \cdots (1)$$

(1)式において、Fは振動子12に働くコリオリ力、mは振動子12の質量、vは振動子12の回転による速度、Aは振動子12の屈曲振動の振幅、fは振動子12

の屈曲振動の振動周波数を示す。この振動ジャイロ10の場合、たとえば温度上昇で補正素子である正特性サーミスタ20gの抵抗値が大きくなると、加算増幅回路20の増幅率が大きくなるため、加算増幅回路20から出力される信号の振幅が一定になるように、振動子12の屈曲振動の振幅Aは小さくなり、(1)式の右辺が低下し、(1)式の左辺のコリオリ力Fが低下する。そして、この補正素子の値を正しく選定することにより感度温度特性を安定にすることができる。

【0026】一方、温度が低下した場合には、比較例では感度が小さくなるが、この振動ジャイロ10では、正特性サーミスタ20gの抵抗値が小さくなり、加算増幅回路20の増幅率が小さくなり、移相回路22の増幅率が大きくなり、その結果、出力信号が安定し、感度が安定する。

【0027】さらに、この振動ジャイロ10では、振動子12側のインピーダンスを変化させることなく、加算増幅回路20に感度温度特性を補正するための正特性サーミスタ20gが設けられているので、振動子12側のインピーダンスが一定に保たれ、温度ドリフト特性が良好になる。この振動ジャイロ10の温度ドリフト特性を図4に示す。なお、図4には、この振動ジャイロ10において正特性サーミスタ20gを抵抗に置き換えた比較例の温度ドリフト特性も示す。

【0028】図5は図1に示す振動ジャイロに用いられる加算増幅回路の他の例を示す回路図である。図5に示す加算増幅回路では、図2に示す加算増幅回路と比べて、さらに補正素子となる抵抗20hが、オペアンプ20fの非反転入力端と反転入力端との間に接続される。そのため、図5に示す加算増幅回路では、図2に示す加算増幅回路と比べて、温度上昇にともなって増幅率がさらに大きくなる。したがって、図1に示す振動ジャイロにおいて図5に示す加算増幅回路を用いた場合、感度温度特性が図6に示すように比較例と比べてさらに安定し、温度ドリフト特性が図7に示すように比較例と比べてさらに良好になる。

【0029】図8は図1に示す振動ジャイロに用いられる加算増幅回路のさらに他の例を示す回路図である。図8に示す加算増幅回路では、図2に示す加算増幅回路と比べて、オペアンプ20fの出力端と反転入力端との間に正特性サーミスタが接続されない代わりに、オペアンプ20fの非反転入力端と反転入力端との間に補正素子となる負特性サーミスタ20iが接続されるとともに、オペアンプ20fの出力端と反転入力端との間にさらに補正素子となる抵抗20jが接続される。図8に示す加算増幅回路では、温度上昇にともなって、オペアンプ20fの非反転入力端と反転入力端との間に接続された負特性サーミスタ20iの抵抗値が小さくなる。そのため、図8に示す加算増幅回路では、図2に示す加算増幅回路と比べて、温度上昇にともなって増幅率がさらに大

10

20

30

40

50

きくなる。したがって、図1に示す振動ジャイロにおいて図8に示す加算増幅回路を用いた場合、感度温度特性が図9に示すように比較例と比べてさらに安定し、温度ドリフト特性が図10に示すように比較例と比べてさらに良好になる。

【0030】図11は図1に示す振動ジャイロに用いられる加算増幅回路のさらに他の例を示す回路図である。図11に示す加算増幅回路では、図2に示す加算増幅回路と比べて、オペアンプ20fの出力端と反転入力端との間に正特性サージミスタが接続されない代わりに、オペアンプ20fの非反転入力端と反転入力端との間に負特性サージミスタ20kおよび抵抗20lの並列回路と抵抗20mとの直列回路が補正素子として接続されるとともに、オペアンプ20fの出力端と反転入力端との間に負特性サージミスタ20nおよび抵抗20oの並列回路がさらに補正素子として接続される。図11に示す加算増幅回路では、温度上昇にともなって、負特性サージミスタ20kおよび20nの抵抗値が小さくなる。そのため、図11に示す加算増幅回路では、温度上昇にともなって増幅率がさらに大きくなる。したがって、図1に示す振動ジャイロにおいて図11に示す加算増幅回路を用いた場合、感度温度特性が図12に示すように比較例と比べてさらに安定し、温度ドリフト特性が図13に示すように比較例と比べてさらに良好になる。

【0031】なお、上述の振動ジャイロでは1つの駆動用の圧電素子と2つの帰還用かつ検出用の圧電素子を有するが、上述の振動ジャイロにおいて1つの駆動用の圧電素子を取り除くとともに他の2つの圧電素子を駆動用の素子としても用いてもよい。

【0032】また、この発明は、正4角柱状の振動体の4つの側面に2つの駆動用の圧電素子と2つの帰還用かつ検出用の圧電素子とがそれぞれ形成される振動ジャイロにも適用され得る。

【0033】さらに、この発明では、振動体がたとえば正6角柱状、円柱状など他の柱状に形成されてもよい。

【0034】また、上述の振動ジャイロでは、振動体が金属で形成されるとともに駆動用、帰還用および検出用の素子が圧電素子で形成されているが、この発明では、振動体が圧電体で形成されるとともに駆動用、帰還用および検出用の素子が電極で形成されてもよい。

【0035】図14はこの発明にかかる振動ジャイロに用いられる振動子の他の例を示す図解図である。図14に示す振動子12は、正4角柱状の振動体14を含む。振動体14は、積層される短冊状の第1の圧電体基板15aおよび第2の圧電体基板15bを含む。第1の圧電体基板15aおよび第2の圧電体基板15bは、互いに逆の厚み方向に分極される。第1の圧電体基板15aの主面には、その幅方向に間隔を隔てて2つの分割電極17aおよび17bが形成される。また、第2の圧電体基板15bの主面には、共通電極18が形成される。さら

に、第1の圧電体基板15aおよび第2の圧電体基板15bの間には、ダミー電極19が形成される。図14に示す振動子12は、たとえば図1に示す振動ジャイロ10に用いる。この場合、分割電極17aおよび17bが、帰還用かつ検出用の素子として用いられ、加算増幅回路20の2つの入力端20aおよび20bにそれぞれ接続される。また、共通電極18が、駆動用の素子として用いられ、移相回路22の出力端に接続される。さらに、分割電極17aおよび17bは、2つのバッファ回路30aおよび30bの入力端にそれぞれ接続される。

【0036】

【発明の効果】この発明によれば、安定した感度温度特性および良好な温度ドリフト特性を有する振動ジャイロが得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明にかかる振動ジャイロの一例を示す図解図である。

【図2】図1に示す振動ジャイロに用いられる加算増幅回路の一例を示す回路図である。

20 【図3】図1に示す振動ジャイロにおいて図2に示す加算増幅回路を用いた場合の感度温度特性および比較例の感度温度特性を示すグラフである。

【図4】図1に示す振動ジャイロにおいて図2に示す加算増幅回路を用いた場合の温度ドリフト特性および比較例の温度ドリフト特性を示すグラフである。

【図5】図1に示す振動ジャイロに用いられる加算増幅回路の他の例を示す回路図である。

【図6】図1に示す振動ジャイロにおいて図5に示す加算増幅回路を用いた場合の感度温度特性および比較例の感度温度特性を示すグラフである。

【図7】図1に示す振動ジャイロにおいて図5に示す加算増幅回路を用いた場合の温度ドリフト特性および比較例の温度ドリフト特性を示すグラフである。

【図8】図1に示す振動ジャイロに用いられる加算増幅回路のさらに他の例を示す回路図である。

【図9】図1に示す振動ジャイロにおいて図8に示す加算増幅回路を用いた場合の感度温度特性および比較例の感度温度特性を示すグラフである。

40 【図10】図1に示す振動ジャイロにおいて図8に示す加算増幅回路を用いた場合の温度ドリフト特性および比較例の温度ドリフト特性を示すグラフである。

【図11】図1に示す振動ジャイロに用いられる加算増幅回路のさらに他の例を示す回路図である。

【図12】図1に示す振動ジャイロにおいて図11に示す加算増幅回路を用いた場合の感度温度特性および比較例の感度温度特性を示すグラフである。

【図13】図1に示す振動ジャイロにおいて図11に示す加算増幅回路を用いた場合の温度ドリフト特性および比較例の温度ドリフト特性を示すグラフである。

50 【図14】この発明にかかる振動ジャイロに用いられる

振動子の他の例を示す図解図である。

【図15】従来の振動ジャイロの一例を示す図解図である。

【図16】図15に示す従来例の温度ドリフト特性および比較例の温度ドリフト特性を示すグラフである。

【符号の説明】

10 振動ジャイロ

12 振動子

14 振動体

16a, 16b, 16c 圧電素子

20 加算増幅回路

20a, 20b 入力端

20c 出力端

20d, 20e, 20h, 20j, 20l, 20m, 20o 抵抗

20f オペアンプ

20g 正特性サーミスタ

20i, 20k, 20n 負特性サーミスタ

22 移相回路

24 AGC回路

30a, 30b バッファ回路

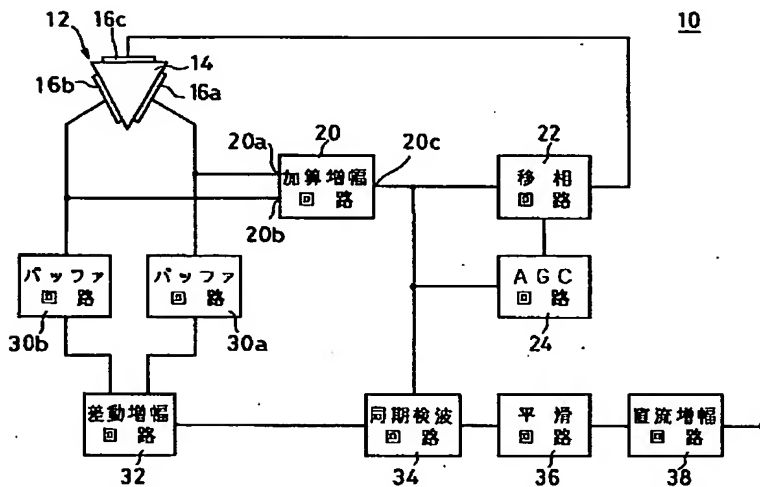
32 差動増幅回路

34 同期検波回路

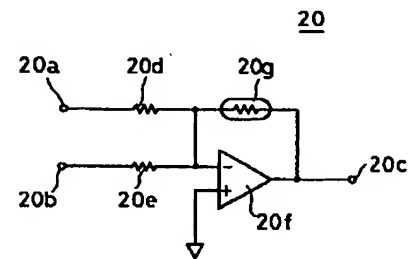
36 平滑回路

38 直流増幅回路

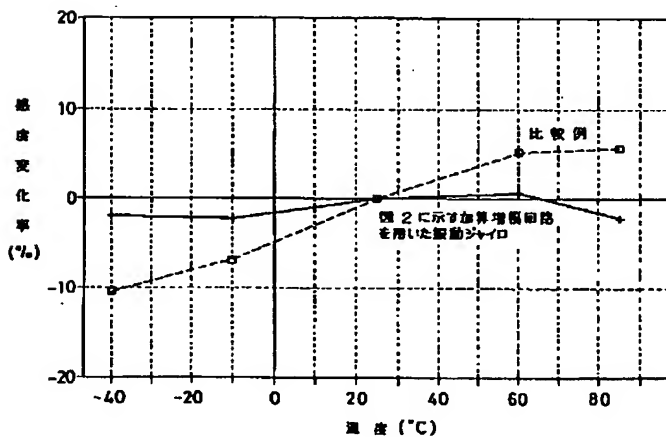
【図1】



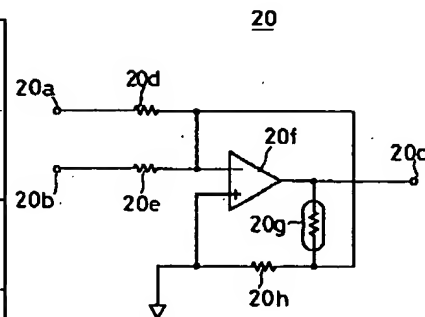
【図2】



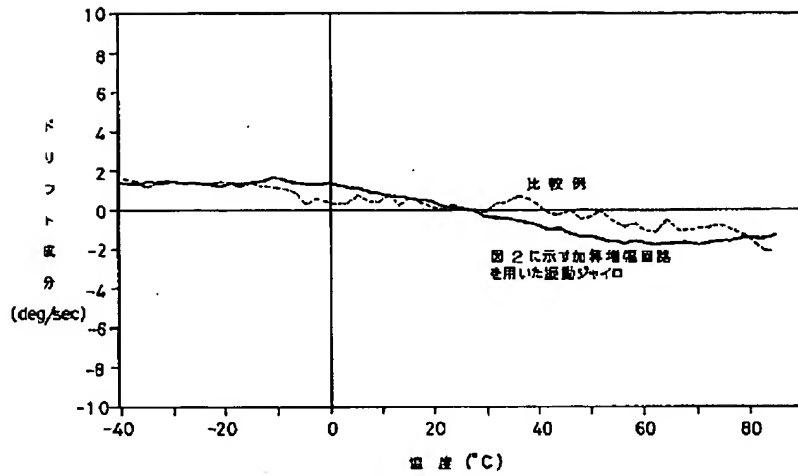
【図3】



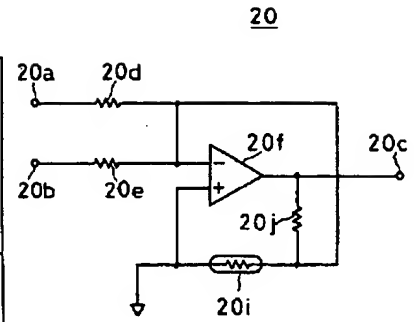
【図5】



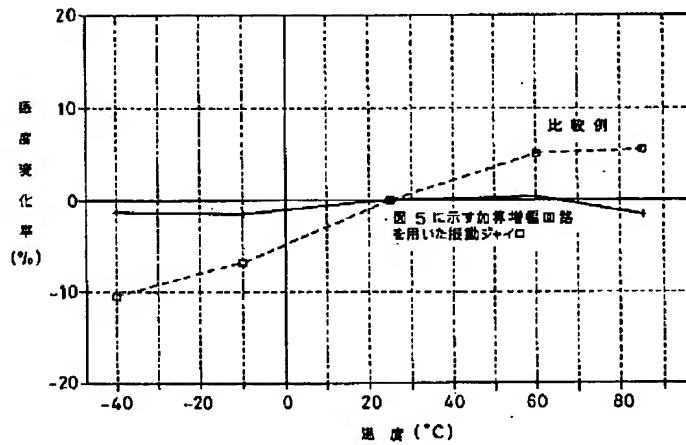
【図4】



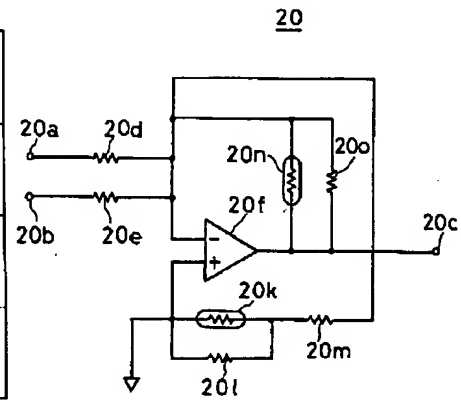
【図8】



【図6】

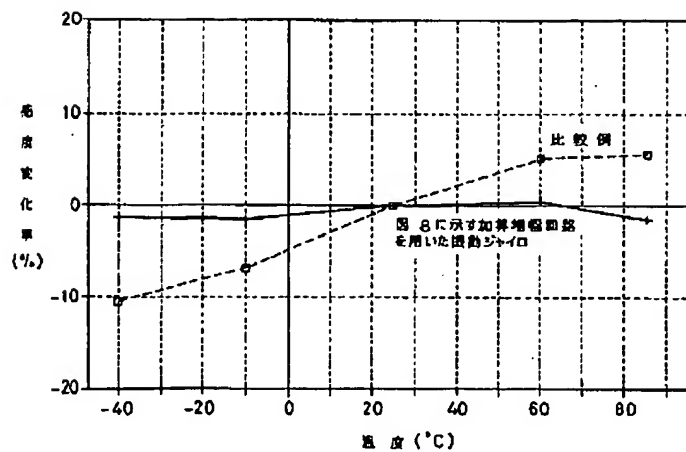


【図11】

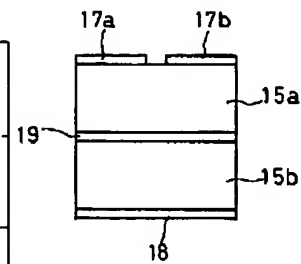


【図14】

【図9】

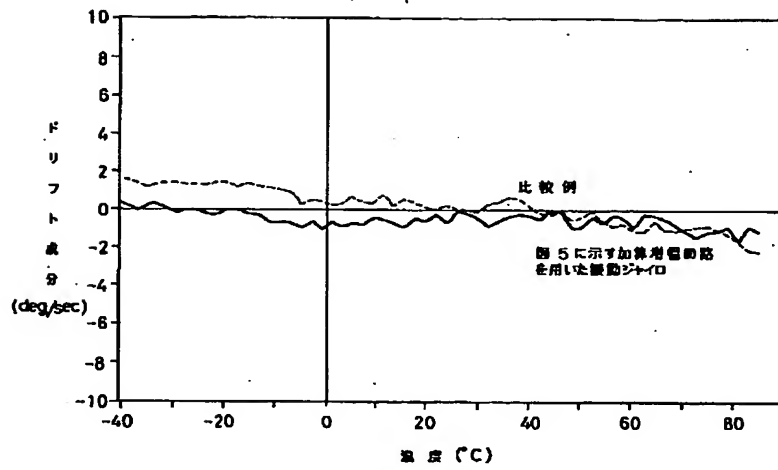


12

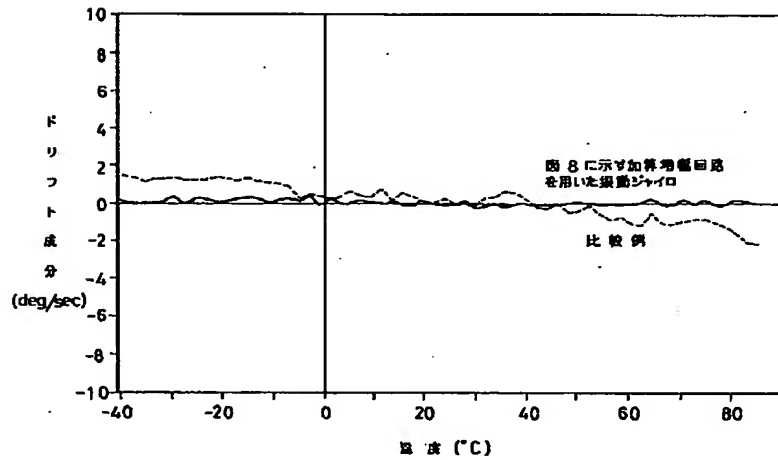




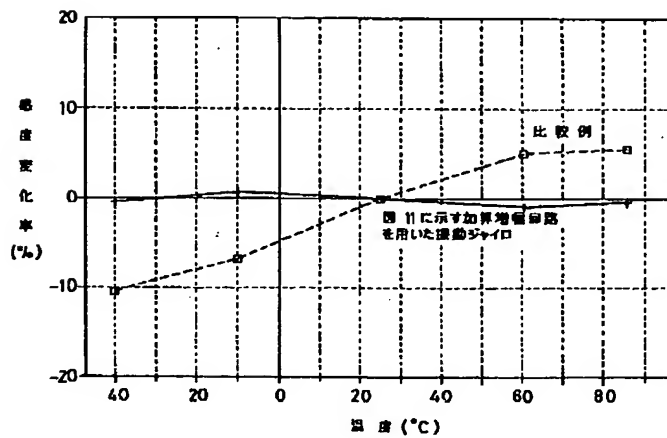
【図7】



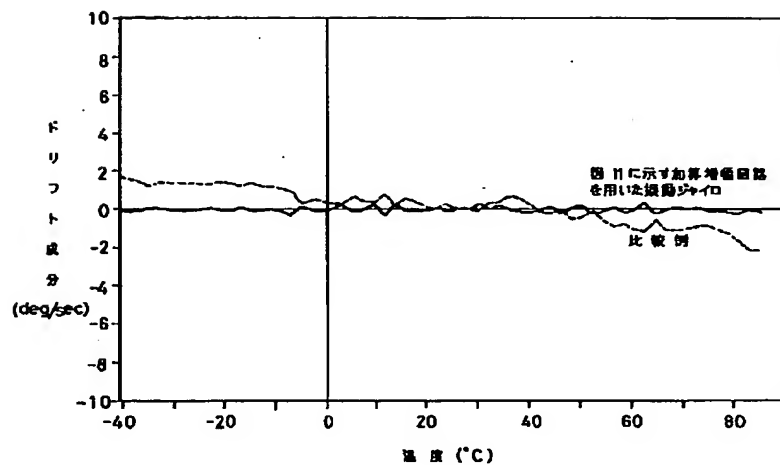
【図10】



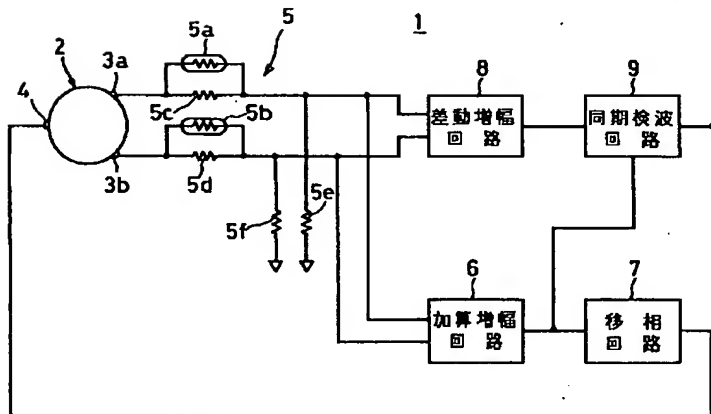
【図12】



【図13】



【図15】



【図16】

